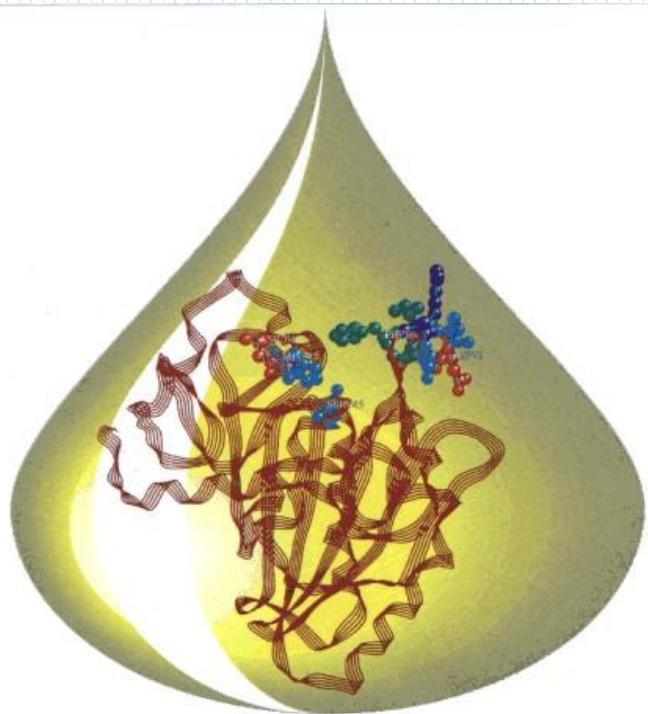


ЛИПИДЫ ПИЩИ И ТКАНЕЙ, ИХ БИОРОЛЬ

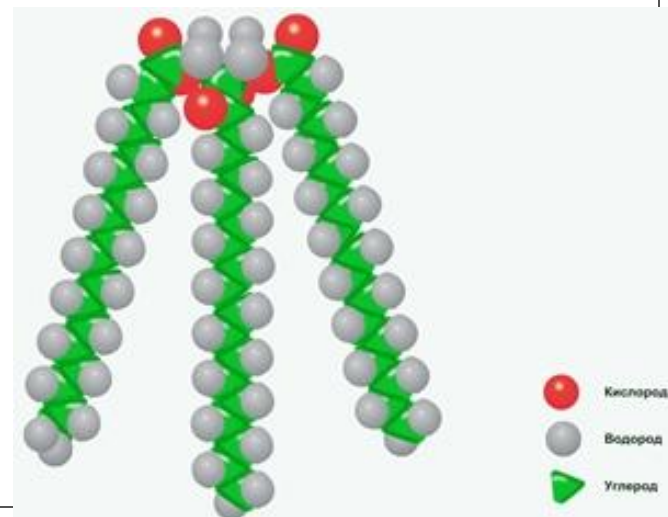


**Зав. кафедрой биохимии
профессор В.В. Лелевич**

ЛИПИДЫ – органические вещества нерастворимые в воде и растворимые в неполярных растворителях (хлороформ, бензол, этанол и др.)

Главные признаки, позволяющие отнести какое-либо вещество к классу липидов:

- 1. Биологическое происхождение**
- 2. Гидрофобность**
- 3. Наличие высших алкильных радикалов или карбоциклов**



□ Терминологически **ЛИПИДЫ** и **ЖИРЫ** чаще всего рассматриваются как синонимы.

□ С точки зрения известного российского биохимика профессора **Е.С. Северина** **ЖИР** – это **ТРИАЦИЛГЛИЦЕРОЛЫ**.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЛИПИДОВ

ЛИПИДЫ

омыляемые

I. Простые

1. Воска
2. Нейтральные жиры

II. Сложные

Протеолипиды

Гликолипиды:

сульфатиды

ганглиозиды

цереброзиды

Фосфолипиды

а) сфингомиелины

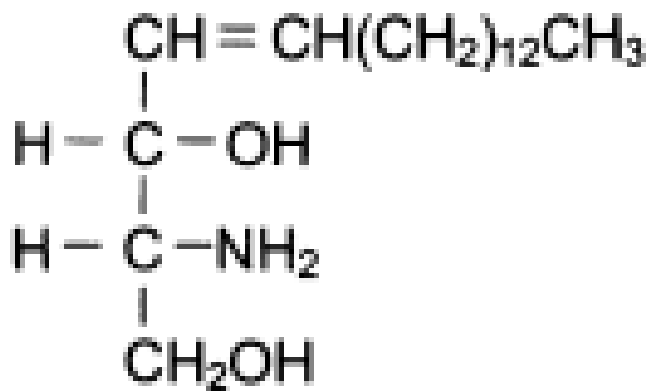
б) глицерофосфолипиды

неомыляемые

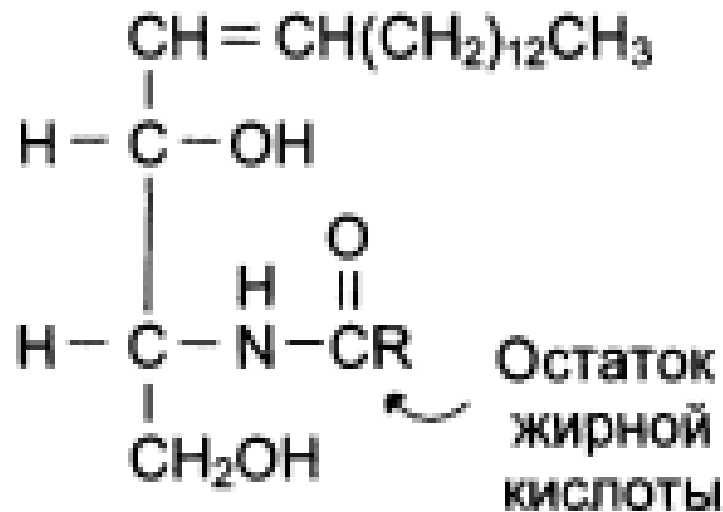
1. Стероиды
2. Каротиноиды
3. Терпеноиды



Церамид – продукт взаимодействия аминоспирта **сфингозина** и жирной кислоты.

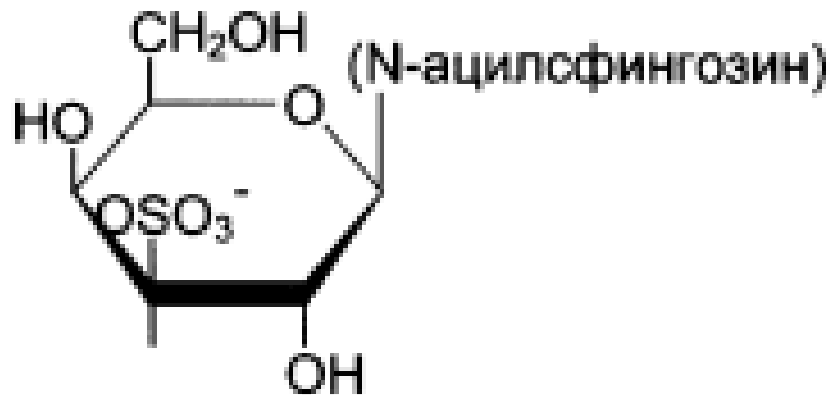


Сфингозин



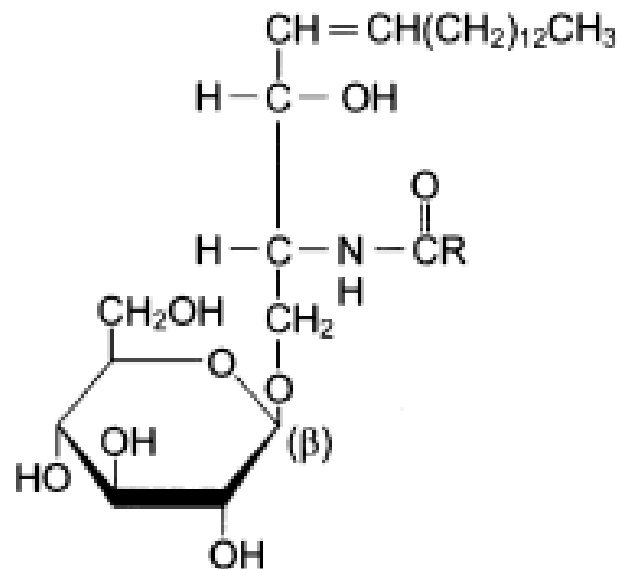
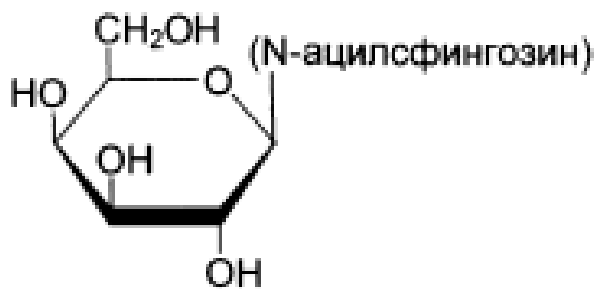
Церамид
N-ацетилсфингозин

Сульфатиды – гидроксил у 3-го углеродного атома моносахарида связан с остатком **серной кислоты**.



Сульфатид

Цереброзиды – имеют в своем составе моносахариды: чаще галактозу (галактоцереброзид), реже глюкозу (глюкоцереброзид).



Галактоцереброзиды

Глюкоцереброзиды

□ Глобозиды – отличаются от цереброзидов тем, что имеют в своем составе несколько углеводных остатков, связанных с керамидом:

Церамид – глюкоза – галактоза – галактоза – N-ацетилгалактоза

□ Цереброзиды и глобозиды относятся к нейтральным сфинголипидам, т.к. они не содержат заряженных групп.

□ Ганглиозиды – наиболее сложные по составу липиды. Они состоят из:

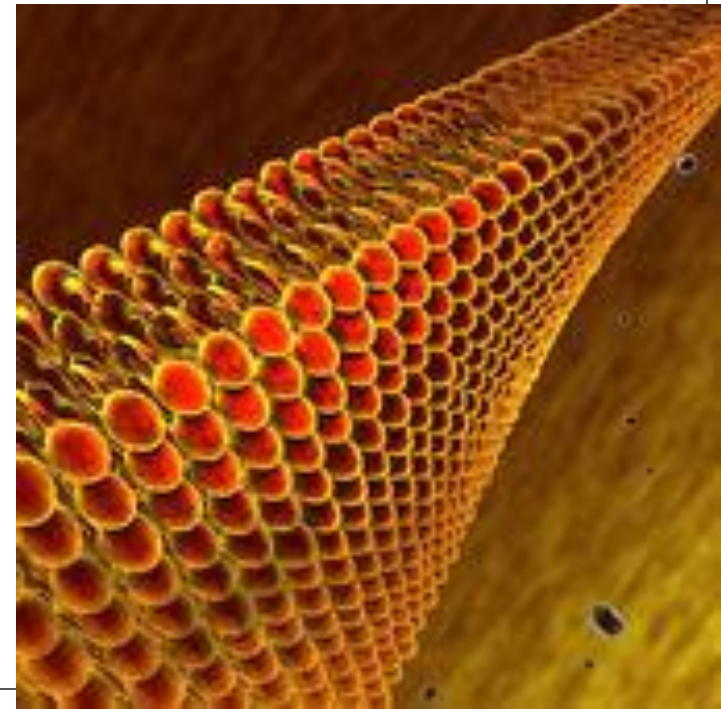
- высшей жирной кислоты,
- аминоспирта сфингозина,
- D-глюкозы и D-галактозы,
- N-ацетилглюкозамина,
- N-ацетилнейраминовой кислоты.

□ Ганглиозиды обозначаются буквой **G** и имеют свою номенклатуру..

- **Ганглиозиды** – содержатся в основном в **ганглиозных клетках нервной ткани**, откуда они и получили свое название.
- Однако **ганглиозиды** содержатся в **плазматических мембранах** многих клеток – эритроцитов, гепатоцитов, клеток селезенки и др.
- Главная роль **ганглиозидов** определяется их участием в **осуществлении межклеточных контактов**.

ФУНКЦИИ ЛИПИДОВ

1. Субстратно-энергетическая
2. Структурная
3. Транспортная
4. Механическая защита
5. Теплоизолирующая
6. Электроизолирующая
7. Эмульгирующая
8. Гормональная
9. Витаминная
10. Растворяющая
11. Антиоксидантная



ЛИПИДЫ ТКАНЕЙ

Липиды составляют примерно 10-12% массы тела человека.

- У взрослого человека содержится 10-12 кг липидов, из них 2-3 кг – это структурные липиды, остальные – резервные липиды.
- 98 % резервных липидов сосредоточены в жировой ткани. Более 99 % липидов жировой ткани – это триглицериды.

Содержание липидов (от сухого веса ткани)

1. жировая ткань – до 75 %
2. нервная ткань – до 50 %
3. печень – 10-14 %



Запасы энергии в организме человека (масса 70кг)



Формы энергии	Локализация	Количество энергии, ккал
Глюкоза и жирные кислоты	Кровь	100
Гликоген	Печень/мышцы	760
Жиры	Жировая ткань	110 000
Белки	Скелетные мышцы	25 000

Использование **триацилглицеролов** в качестве источника энергии имеет **2** преимущества по сравнению с гликогеном:

- 1.** Атомы углерода в жирных кислотах более восстановлены по сравнению с сахарами и поэтому окисление ТАГ дает **в 2 раза больше энергии** по сравнению с углеводами.

2. ТАГ – неполярные молекулы, поэтому запасаются в безводной среде. Для запасания 1 грамма гликогена требуется 2 грамма связанной воды. Следовательно, 1 грамм безводных ТАГ дает в 6 раз больше энергии, чем 1 грамм гидратированного гликогена.

Поэтому эволюционно жиры стали наиболее предпочтительным резервом энергии живых организмов.

ЛИПИДЫ ПИЩИ



- Взрослому человеку требуется в сутки **90-100** гр липидов (**70-145** гр) животного и растительного происхождения.
- Основная масса липидов пищи – триглицериды, меньше – фосфолипиды и стероиды.

Переваривание липидов пищи

1. **панкреатическая липаза**
 2. **панкреатическая фосфолипаза (А1, А2, С и Д)**
- Эмульгирование жиров под действием желчи
 - Образование мицелл
 - Общий гидролиз предшествует всасыванию липидов
 - Продукты переваривания липидов поступают в кровоток через лимфатическую систему
 - Ресинтез жиров в стенке кишечника

Этапы переваривания липидов пищи

- 1. Эмульгирование при участии желчных кислот.**
- 2. Гидролиз триацилглицеролов, фосфолипидов и эфиров холестерина ферментами ЖКТ.**
- 3. Образование мицелл.**
- 4. Перенос продуктов гидролиза липидов в энтероциты.**
- 5. Ресинтез триацилглицеролов, фосфолипидов и эфиров холестерина в энтероцитах.**
- 6. Образование хиломикронов и их транспорт к органам – мишеням через лимфу и кровь**

ПЕРЕВАРИВАНИЕ ЛИПИДОВ

- ❑ Так как липиды – нерастворимые в воде соединения, то они могут подвергаться действию липотических ферментов, растворенных в воде только на границе раздела фаз «вода/жир».
- ❑ Поэтому действию **ПАНКРЕАТИЧЕСКОЙ ЛИПАЗЫ** предшествует эмульгирование жиров.
- ❑ **ЭМУЛЬГИРОВАНИЕ** (смешивание жира с водой) происходит в тонком кишечнике под действием солей желчных кислот. В результате крупные капли жира распадаются на множество мелких.

ПЕРЕВАРИВАНИЕ ЛИПИДОВ

- **Желчные кислоты** действуют как **детергенты**, снижая поверхностное натяжение на границе «жир/вода». В результате крупные капли жира распадаются на множество мелких, т.е. происходит эмульгирование жира.

- Клетки слизистой тонкого кишечника секретируют в кровь пептидный гормон **ХОЛЕЦИСТОКИНИН (ПАНКРЕОЗИМ)**. Он стимулирует сокращение желчного пузыря, секрецию пищеварительных ферментов, в том числе **ПАНКРЕАТИЧЕСКОЙ ЛИПАЗЫ**.

ПЕРЕВАРИВАНИЕ ЛИПИДОВ У ДЕТЕЙ

- ❑ У детей грудного возраста основным источником энергии являются **триглицериды**, в то время как у взрослых людей при нормальном питании основным источником энергии служит **глюкоза**.
- ❑ Молоко содержит **триглицериды с короткой и средней длиной цепи (4-12 С атомов)**. Триглицериды молока находятся уже в **эмульгированном состоянии**, поэтому они сразу же доступны для гидролиза ферментами.

ПЕРЕВАРИВАНИЕ ЛИПИДОВ У ДЕТЕЙ

- ❑ В желудке детей действует **липаза**, которая синтезируется в железах языка (**ЛИНГВАЛЬНАЯ ЛИПАЗА**).
- ❑ В желудке детей грудного и младшего возраста вырабатывается **ЖЕЛУДОЧНАЯ ЛИПАЗА**, которая активная при нейтральном значении pH, характерном для желудочного сока детей.
- ❑ Далее гидролиз жиров молока продолжается под действием **ПАНКРЕАТИЧЕСКОЙ ЛИПАЗЫ**.



Характеристика некоторых пищевых жиров

Жиры	Температура плавления С°	Насыщенные ЖК %
Молочный	+ (28-33)	52-70
Свиной	+ (36-46)	37-45
Говяжий	+ (44-51)	53-60
Рыбий	- (2-7)	16-20
Подсолнечное масло	- (16-19)	10-12

❑ Липиды не растворимы в водной среде, а значит и в крови. Поэтому для транспорта липидов кровью в организме образуются комплексы липидов с белками – **ЛИПОПРОТЕИНЫ**.

❑ Все типы липопротеинов имеют схожее строение - **гидрофобное ядро и гидрофильную оболочку**.

Гидрофильная оболочка образована белками (**апопротеинами**) и амфифильными липидами – **фосфолипидами и холестеролом**.

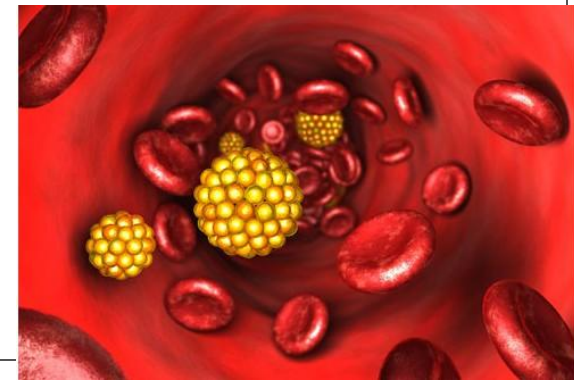
В гидрофобной ядре липопротеина находятся транспортируемые липиды.

ТРАНСПОРТ ЛИПИДОВ

Транспортной формой липидов в крови являются липопротеины(ЛП).

Липопротеины – это высокомолекулярные водорастворимые частицы, являющиеся комплексом белка и липидов, образованные нековалентными связями, и обеспечивающими транспорт липидов в крови.

В состав ЛП входят белки, получившие название аполипопротеинов (апобелков)



Функции апопротеинов в липопротеинах

- Формируют **структуру** липопротеинов.
- Взаимодействую с **рецепторами** на поверхности клеток и таким образом определяют, какими тканями будет захватываться данный тип липопротеинов.
- Служат **ферментами**, действующими на липопротеины.

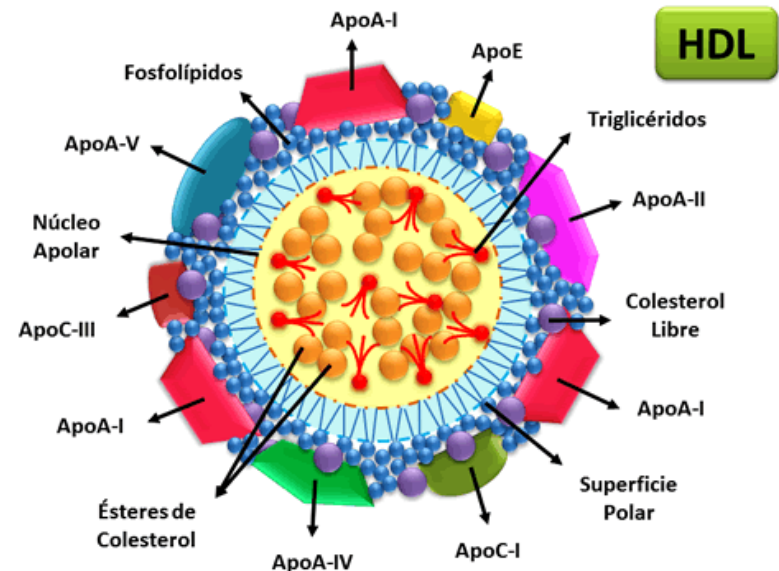
Функции некоторых апобелков

A-I – кофактор лецитинхолестерин-
ацилтрансферазы (ЛХАТ)
структурная в ЛПВП

A-II – активатор липазы печени
структурная в ЛПВП

B-100 – связывание с рецепторами
структурная в ЛПНП и
ЛПОНП

B-48 – структурная в
хиломикронах



КЛАССИФИКАЦИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА ЛП

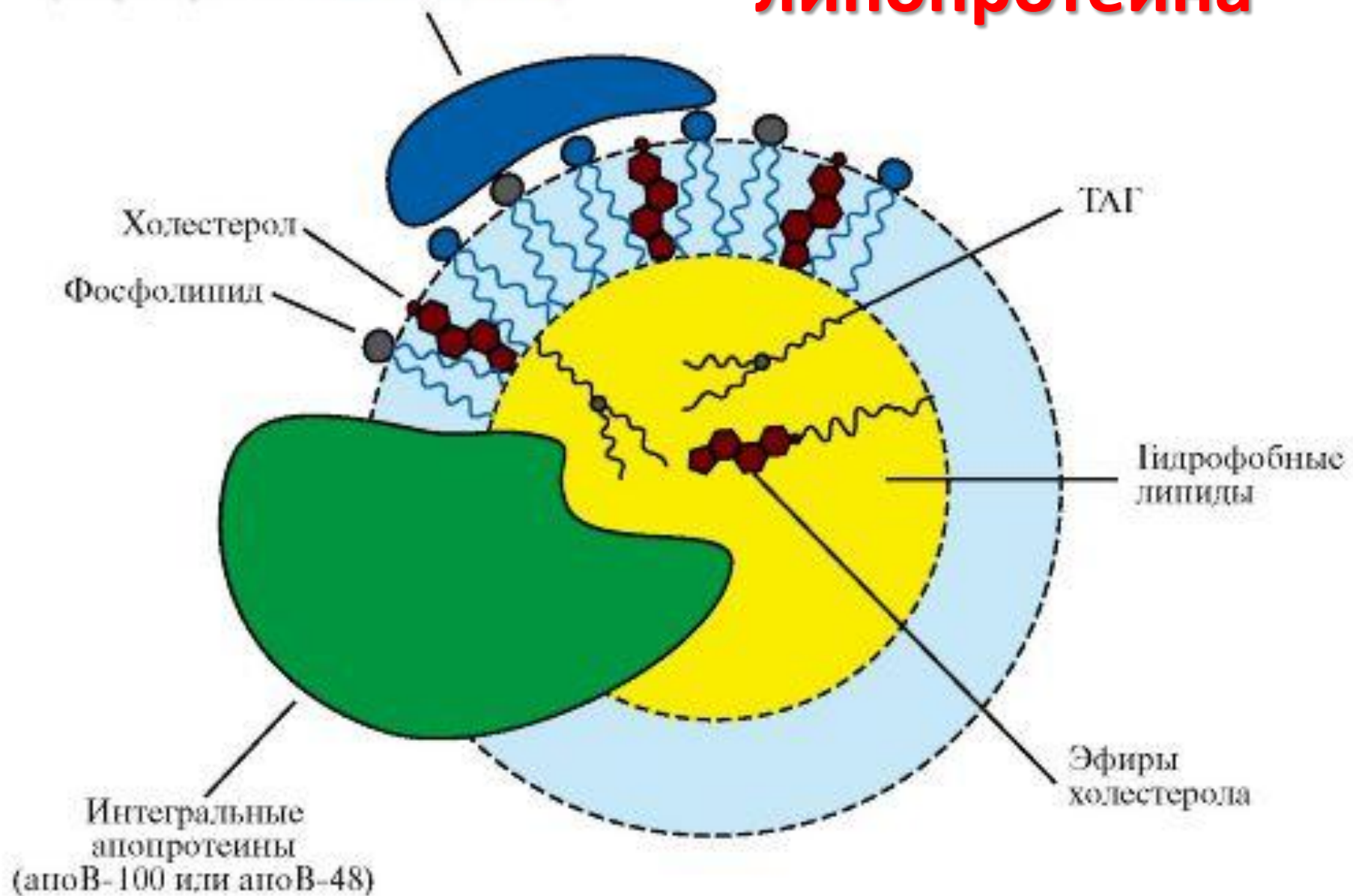
ЛП	Источник	Основные функции
Хиломикроны (ХМ)	Кишечник	Транспорт экзогенных триглицеридов
ЛПОНП	Печень	Транспорт эндогенных триглицеридов
ЛППП	Кровь Катаболизм ЛПОНП	Предшественник ЛПНП
ЛПНП	Кровь Катаболизм ЛПОНП	Транспорт холестерина к тканям
ЛПВП	Печень Кишечник Катаболизм ХМ и ЛПОНП	Обратный транспорт холестерина (от тканей)

СОСТАВ ЛИПОПРОТЕИНОВ (в %)

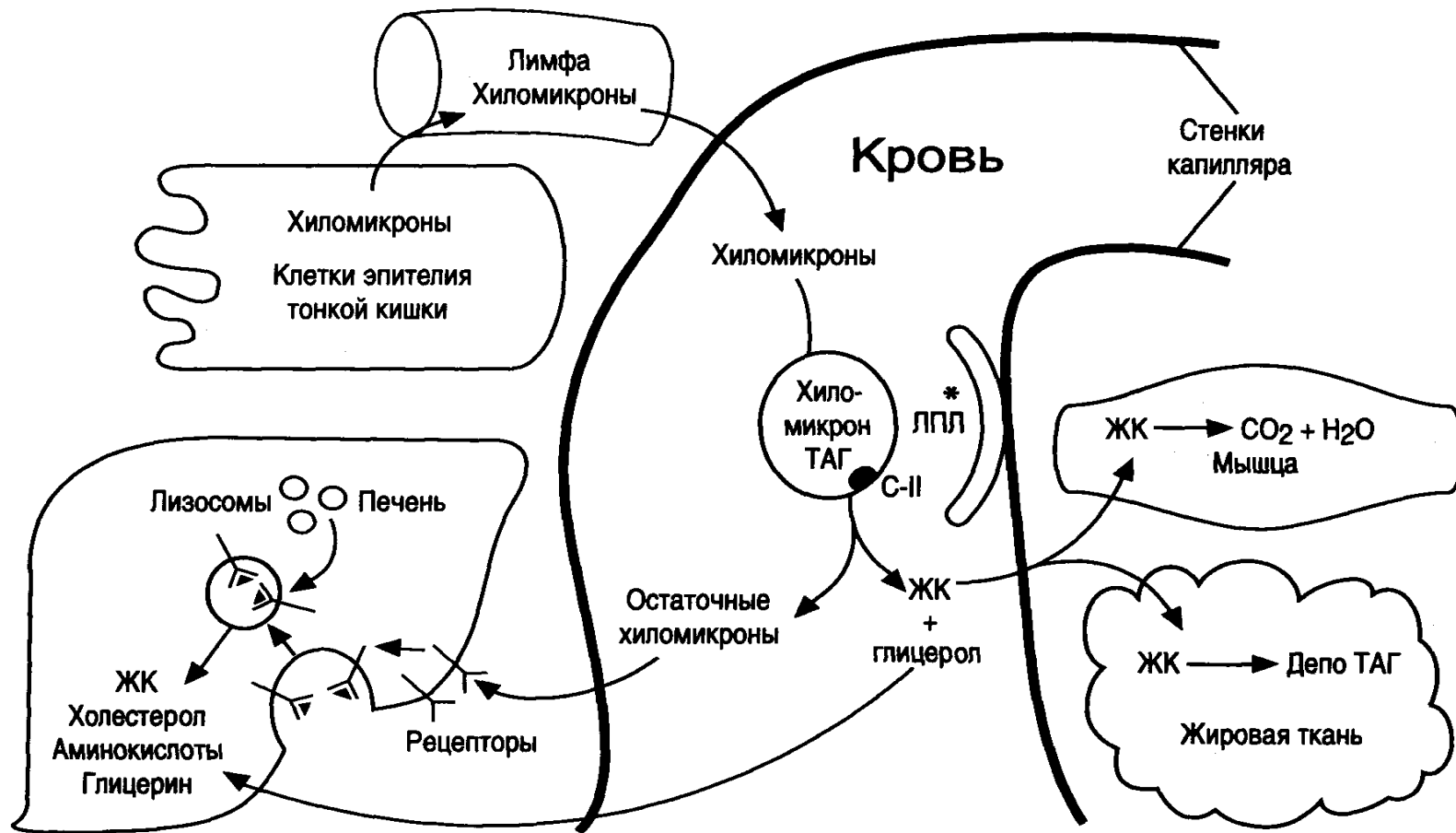
Компоненты	ХМ	ЛПОНП	ЛПНП	ЛПВП
Белки	2	10	22	50
ФЛ	3	18	21	27
Холестерол	2	7	8	4
Эфиры холестерола	3	10	42	16
ТГ	85	55	7	3

Строение липопротеина

Периферические апопротеины
(например, апоА-I, апоС-II, апоЕ)



Путь экзогенных жиров и хиломикронов



Характеристика хиломикронов

1. **Триглицериды**, образовавшиеся при ресинтезе в клетках слизистой оболочки кишечника, упаковываются в **хиломикторы (ХМ)**.
2. **ХМ** имеют большой размер и придают плазме крови опалесцирующий, похожий на молоко вид после приема жирной пищи.
3. Скорость удаления **ХМ** из крови зависит от:
 - Активности **липопротеинлипазы**
 - Присутствия **ЛПВП**, поставляющих **апопротеины С-II** и **E** для **ХМ**.
 - Активности переноса **апо-С-II** и **апо-E** на **ХМ**.

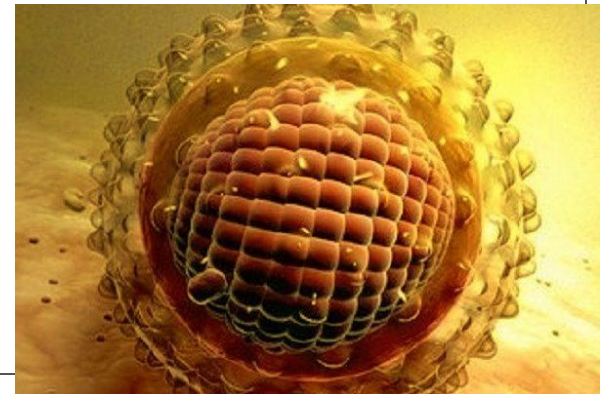
Дислипопротеинемии – нарушения содержания липопротеинов в плазме крови.

ГИПОЛИПОПРОТЕИНЕМИИ

- 1. Абеталипипротейнемия – дефект гена апо-В. Не образуются хиломикроны в кишечнике, ЛПОНП в печени.**
- 2. Семейная гипобеталипипротейнемия – снижено содержание ЛПНП, но организм способен образовывать ХМ.**
- 3. Семейная недостаточность α -ЛП (болезнь Тангира) – в плазме крови практически отсутствуют ЛПНП, в тканях накапливаются эфиры холестерина. У пациентов отсутствует апоС-II, в плазме крови накапливаются триглицериды.**

ГИПЕРЛИПОПРОТЕИНЕМИИ

- I тип – гиперхиломикронемия:**
снижение активности липо-
протеинлипазы, генетический
дефект апоС-II и апоЕ.
- II тип – семейная гиперхолестеролемиа:**
дефект рецептора для ЛПНП,
нарушение катаболизма ЛПНП
- III тип – дис- β -липопротеинемия:**
аномальный состав ЛПОНП,
нарушение катаболизма ХМ
и ЛПОНП

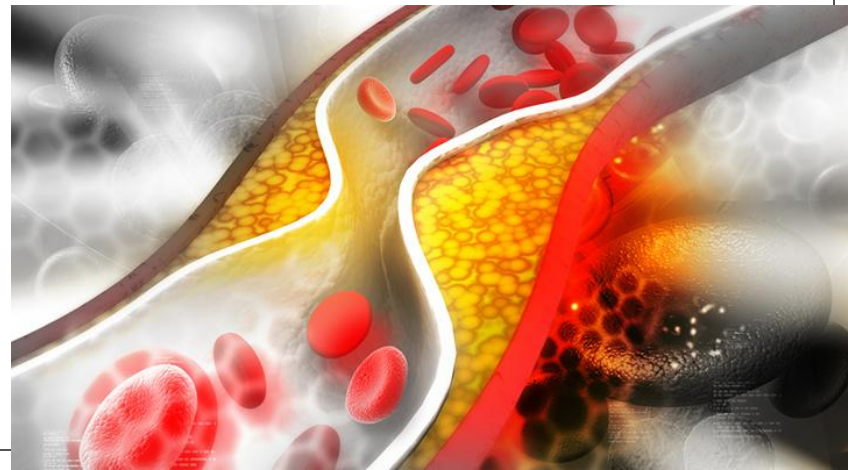


IV тип – гиперпре- β -липопротеинемия (гипертриацилглицеролемиа):

**снижение активности липопротеинлипазы,
повышение уровня триглицеридов в плазме за счет
ЛПОНП.**

V тип - гиперпре- β -липопротеинемия с гиперхиломикронемией:

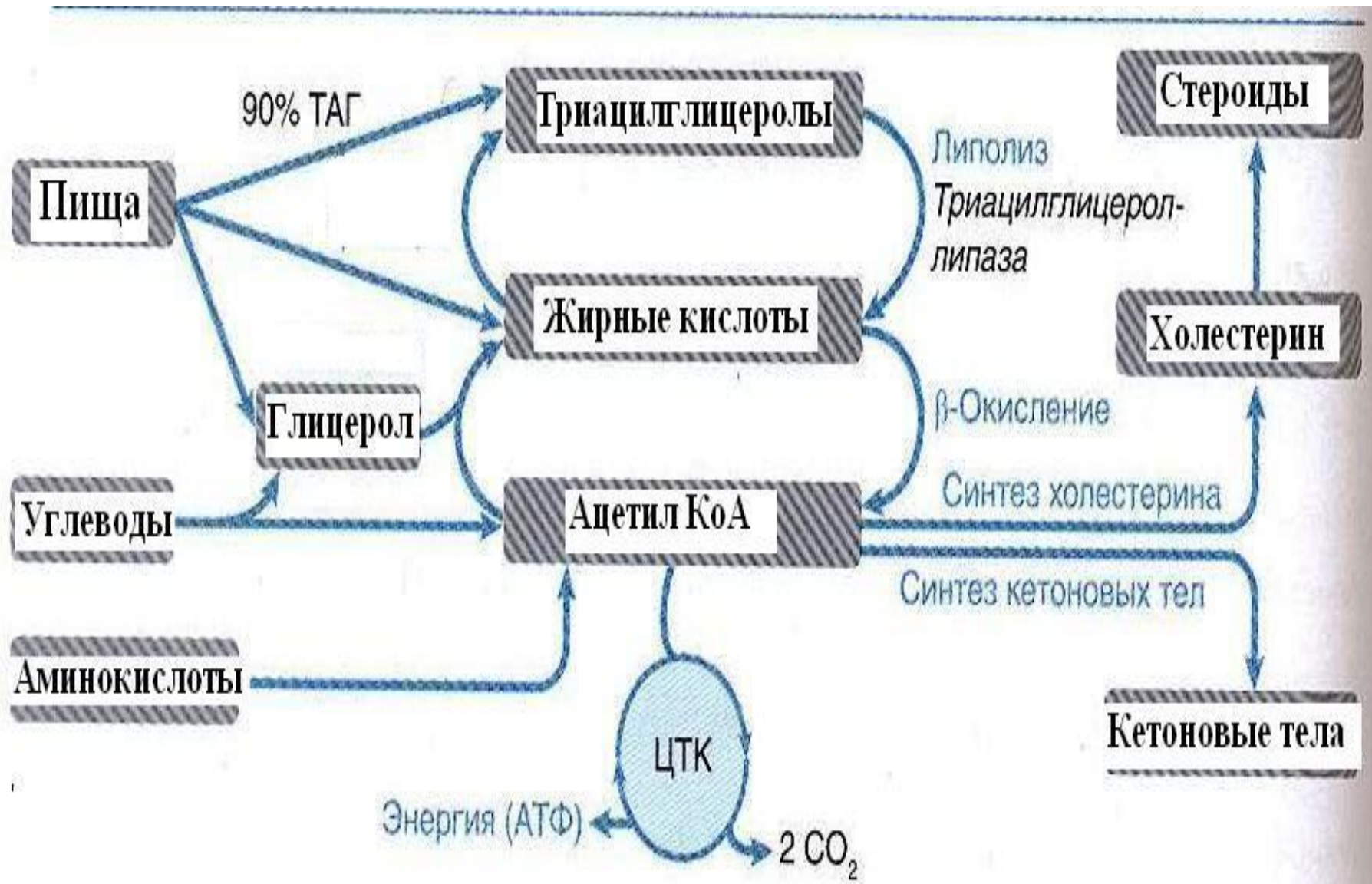
**повышено содержание ХМ и ЛПОНП,
снижен уровень ЛПНП и ЛПВП**



Нарушение переваривания и всасывания липидов – СТЕАТОРЕЯ

- **ПАНКРЕАТОГЕННАЯ СТЕАТОРЕЯ** – вызвана дефицитом панкреатической липазы.
Причины: хронический панкреатит, врожденная гипоплазия поджелудочной железы, муковисцидоз
- **ГЕПАТОГЕННАЯ СТЕАТОРЕЯ** – вызвана закупорной желчных протоков.
Причины: механическая желтуха, гепатит, цирроз печени.
- **ЭНТЕРОГЕННАЯ СТЕАТОРЕЯ** – вызвана поражением слизистой оболочки кишечника.
Причины: интестинальные липодистрофии, амилоидоз, обширные резекции тонкого кишечника.

Общая схема метаболизма липидов



ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ ЛИПИДОВ ЧЕЛОВЕКА

Почти все жирные кислоты (ЖК) в животных тканях имеют четное число атомов углерода.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ЖК

- 1. Служат строительными блоками в молекулах липидов – триглицериды, фосфолипиды, гликолипиды.**
- 2. Выполняют роль метаболического топлива. 95 % всей биологически доступной энергии молекулы триглицеридов сосредоточены в остатках 3 жирных кислот и только 5 % - приходится на молекулы глицерола.**

КЛАССИФИКАЦИЯ ЖИРНЫХ КИСЛОТ

I. Насыщенные жирные кислоты

масляная-С4

капроновая-С6

миристиновая-С14

пальмитиновая- С16

стеариновая- С18

арахиновая- С20

II. Мононенасыщенные жирные кислоты

пальмитоолеиновая-С16, олеиновая-С18

эруковая – С22

нервоновая – С24

III. Полиненасыщенные жирные кислоты

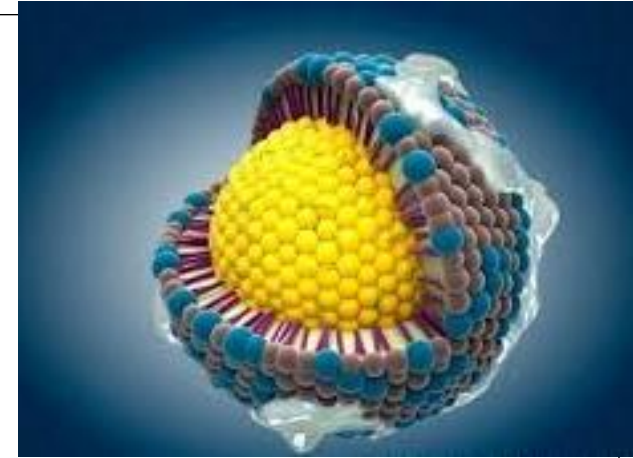
линолевая - С18 (Δ 9, 12)

линоленовая - С18 (Δ 9, 12, 15)

арахидоновая – С20 (Δ 5, 8, 11, 14)

СОСТАВ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ПОДКОЖНОГО ЖИРА ЧЕЛОВЕКА

Название кислоты	Содержание в %
Пальмитиновая (16:0)	23-30
Стеариновая (18:0)	8-12
Пальмитоолеиновая (16:1)	3-5
Олеиновая (18:1)	20-25
Линолевая (18:2)	10-15
Общее количество:	
Насыщенные ЖК	33-38
Ненасыщенные ЖК	42-58



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

